

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-223549

(43)Date of publication of application : 31.08.1993

(51)Int.Cl.

G01B 11/24
B25J 5/00
B25J 19/04
G01C 3/06
G06F 15/62
G06F 15/70
// G05D 1/02

(21)Application number : 04-057446

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 10.02.1992

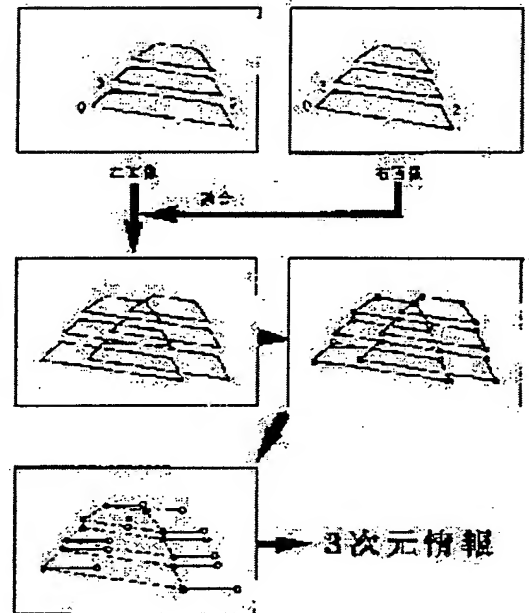
(72)Inventor : WATANABE TATSUTO

(54) RECOGNIZING METHOD OF STEP OR THE LIKE OF MOVING BODY

(57)Abstract:

PURPOSE: To easily recognize an obstacle such as a step or the like and to obtain the positional information of the obstacle by treating an image obtained by a visual sensor through a binary process, forming a binary image, and obtaining the area of the image of one of the two values.

CONSTITUTION: An image processing unit binarizes an image obtained from a visual sensor thereby to obtain a binary image and extracts the white area. Then, the longest part, a starting point and an ending point of the longest part in the white area are obtained for every scanning line in an image memory, so that a quadrilateral is formed. It is subsequently detected whether the white parts are connected each other. The starting line and tire ending line of the connected parts are stored and the area is calculated. The above process is carried out for each diagram output from two visual sensors, thereby to obtain the right and left diagrams. Then, the right and left quadrilaterals symmetric to each other are determined. The coordinates of four end points of the right, and left quadrilaterals determined to correspond to each other are compared. It is detected whether the distance of the points is within the range smaller than a predetermined value. The trigonometrical measurement is conducted for each end point of the pair showing the distance smaller than the predetermined value.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.02.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3192736

[Date of registration] 25.05.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3192736号
(P3192736)

(45) 発行日 平成13年 7 月30日 (2001. 7. 30)

(24) 登録日 平成13年 5 月25日 (2001. 5. 25)

(51) Int.Cl.⁷ 識別記号

G 0 1 B 11/24

B 2 5 J 5/00

19/04

G 0 1 C 3/06

F I

G 0 1 B 11/24

B 2 5 J 5/00

19/04

G 0 1 C 3/06

K

C

E

V

請求項の数 3 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平4-57446

(22) 出願日 平成4年2月10日 (1992. 2. 10)

(65) 公開番号 特開平5-223549

(43) 公開日 平成5年8月31日 (1993. 8. 31)

審査請求日 平成11年2月9日 (1999. 2. 9)

(73) 特許権者 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 渡辺 龍人

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式
会社本田技術研究所内

(74) 代理人 100081972

弁理士 吉田 豊 (外1名)

審査官 白石 光男

(56) 参考文献 特開 昭59-79377 (J P, A)

特開 平3-148983 (J P, A)

特開 平2-39276 (J P, A)

特開 平3-150403 (J P, A)

(58) 調査した分野 (Int.Cl.⁷, D B 名)

G01B 11/00 - 11/30

(54) 【発明の名称】 移動体の階段などの認識方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 1つまたは複数の視覚センサを有し、それから得られる情報を参考にして移動制御を行い移動する移動体における略水平面を有する多面体の認識方法において、

a. 前記視覚センサから得られる画像に対して所定の2値化処理を施すことにより、前記多面体の略水平面を示す画素が、前記略水平面を区分する境界領域内及び背景内の画素とは異なる出力値を持つような外界についての2値画像を得、

b. 前記略水平面について、前記得た2値画像における面積を求め、及び

c. 前記求めた略水平面の面積に基づいて前記多面体を認識する、

ことからなる移動体の多面体の認識方法。

【請求項2】 1つまたは複数の視覚センサを有し、それから得られる情報を参考にして移動制御を行い移動する移動体における略水平面を有する多面体の認識方法において、

a. 前記視覚センサから得られる画像に対して所定の2値化処理を施すことにより、前記多面体の略水平面を示す画素が、前記略水平面を区分する境界領域内及び背景内の画素とは異なる出力値を持つような外界についての2値画像を得、

b. 前記得た2値画像について座標軸においてx方向とy方向とから走査し、前記得た2値画像における前記略水平面の位置的な特徴を示す特徴点を複数個求め、

c. 前記求めた特徴点に基づき、前記得た2値画像における前記略水平面の形状を求め、

d. 前記求めた略水平面の特徴点及び形状から前記略水平面の所定の部位を複数個求め、
及び

e. 前記求めた所定の部位から前記多面体の3次元位置を算出する、
ことからなる移動体の多面体の認識方法。

【請求項3】 前記略水平面ごとに対応点を決定して前記3次元位置を算出することを特徴とする請求項2項記載の移動体の多面体の認識方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は移動体の階段などの認識方法に関し、より具体的には外界を立体視して移動する移動ロボットにおいて階段などの路面から突出する物体を高速に認識して位置情報を得る様にしたものに關する。

【0002】

【従来の技術】近時、脚式、車輪型、クローラ型などの種々の自律型の移動ロボットが提案されている。その様なロボットを移動させるには、予め設定した移動パターンに従って所定の経路を移動させる手法と、移動ロボットに外界を認識する視覚センサなどを備えさせ、ロボットに四囲の状況を認識、判断させて移動させる手法とが考えられる。前者の手法をとるときは予め地図情報などの正確な位置情報を用意する必要がある。後者の手法をとるときはその様な位置情報は不要となる代わり、自ら階段など水平路面から突出する物体を速やかに認識してその位置情報を得なければならない。後者の従来技術としては例えば特開昭59-79377号公報記載のものが知られている。この例においては1個の視覚センサのみ備えて移動しつつ異なった位置で画像を得、2値化処理を行って階段の幅などを測定している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来技術は階段の存在の認識自体は行っておらず、階段が存在することを前提としてその主要諸元を測定することを主眼しているが、一般的に外界を認識するときに対象物が何であるか特定するのが容易ではなく、そのために専用のハードウェアを備え、対象物の輪郭を抽出するにも空間微分などの複雑な画像処理を行う必要がある。

【0004】従って、この発明の目的は、簡易に階段などの水平路面からの障害物を認識してその位置情報を得ることができ、専用のハードウェアなどを特に必要とせず一般の計算機システム上でも容易に構築することができる移動体の階段などの認識方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記した課題を解決するためにこの発明は以下のように構成した。後述する符合を付して説明すると、請求項1項にあっては、1つまた

は複数の視覚センサ36を有し、それから得られる情報を参考にして移動制御を行い移動する移動体（脚式移動ロボット）における略水平面を有する多面体（階段50）の認識方法において、前記視覚センサから得られる画像に対して所定の2値化処理を施すことにより、前記多面体の略水平面（具体的には床面と平行な面）50aを示す画素が、前記略水平面を区分する境界領域内（黒色テープ52）及び背景内（壁面50bなど）の画素とは異なる出力値を持つような外界についての2値画像を得（制御ユニット26、S1、S10、S12）、前記略水平面について、前記得た2値画像における面積を求め（制御ユニット26、S1、S14）、及び前記求めた略水平面の面積に基づいて前記多面体を認識する（制御ユニット26、S1、S16～S20）ことからなる如く構成した。また、請求項2項にあっては、1つまたは複数の視覚センサ36を有し、それから得られる情報を参考にして移動制御を行い移動する移動体（脚式移動ロボット）における略水平面を有する多面体（階段50）の認識方法において、前記視覚センサから得られる画像に対して所定の2値化処理を施すことにより、前記多面体の略水平面（具体的には床面と平行な面）50aを示す画素が、前記略水平面を区分する境界領域内（黒色テープ52）及び背景内（壁面50bなど）の画素とは異なる出力値を持つような外界についての2値画像を得（制御ユニット26、S1、S10、S12）、前記得た2値画像について座標軸においてx方向とy方向とから走査し、前記得た2値画像における前記略水平面の位置的特徴を示す特徴点を複数個求め（制御ユニット26、S2、S102）、前記求めた特徴点に基づき、前記得た2値画像における前記略水平面の形状を求め（制御ユニット26、S2、S104、S106、S108）、前記求めた略水平面の特徴点及び形状から前記略水平面の所定の部位を複数個求め（制御ユニット26、S3、S110）、及び前記求めた所定の部位から前記多面体の3次元位置（3次元情報）を算出する（制御ユニット26、S4、S5、S6、S7）ことからなる如く構成した。また、請求項3項にあっては、前記略水平面ごとに対応点（端点）を決定して前記3次元位置を算出する（制御ユニット26、S5、S6）如く構成した。

【0006】

【作用】例えば請求項1項においては、多面体の略水平面の2値画像の面積に基づいて多面体を認識するので、構成が簡易であって専用のハードウェアなどを必要とせず、また予め作られた地図情報などの正確な位置情報を必要としない。その結果、工場、事務所などの移動体の作業環境で階段を含む移動経路をおおまかに指示するのみで、その階段を発見して昇降することが可能となる。尚、その様な限定的な作業環境では階段などの多面体の上面（略水平面）に背景に対して十分大きな明度を与え

ておくのは、さして支障とはならない。

【0007】

【実施例】以下、移動体として2足歩行脚式移動ロボットを例にとってこの発明の実施例を説明する。図1はそのロボット1を全体的に示す説明スケルトン図であり、左右それぞれの脚部に6個の関節(軸)を備える(理解の便宜のために各関節(軸)をそれを駆動する電動モータで例示する)。該6個の関節(軸)は上から順に、腰の脚部回旋用の関節(軸)10R, 10L(右側をR、左側をLとする。以下同じ)、腰のピッチ方向(x方向)の関節(軸)12R, 12L、同ロール方向(y方向)の関節(軸)14R, 14L、膝部のピッチ方向の関節(軸)16R, 16L、足首部のピッチ方向の関節(軸)18R, 18L、同ロール方向の関節(軸)20R, 20Lとなっており、その下部には足部22R, 22Lが取着されると共に、最上位には胴体部(基体)24が設けられ、その内部にはマイクロ・コンピュータからなる制御ユニット26が格納される。

【0008】上記において股関節は関節(軸)10R(L), 12R(L), 14R(L)から構成され、また足関節は、関節(軸)18R(L), 20R(L)から構成されると共に、脚部リンクは左右の足についてそれぞれ6つの自由度を与えられ、歩行中にこれらの6×2=12個の関節(軸)をそれぞれ適宜な角度に駆動することで、足全体に所望の動きを与えることができ、任意に3次元空間を歩行することができる様に構成される。尚、股関節と膝関節との間は大腿リンク28R, 28Lで、膝関節と足関節との間には下腿リンク30R, 30Lで連結される。これらの関節は主として先に述べた様に電動モータと、その出力を倍力する減速機とから構成されるが、その詳細は先に本出願人が提案した出願(特願平1-324218号、特開平3-184782号)などに述べられており、それ自体はこの発明の要旨とするところではないので、これ以上の説明は省略する。

【0009】ここで、図1に示すロボット1の胴体部24には剛性を備えたプレート34上にイメージセンサ36が2個固定される。イメージセンサ36は公知の受光部と蓄積部とを備えたCCD(固体映像素子)カメラからなり、その出力はマイクロ・コンピュータからなる画像処理ユニット38に送られる。画像処理ユニット38は図2に示す如き512×512の画素からなる画像メモリを備える。イメージセンサ36はプレート34上に移動しない様に強固に固定されると共に、プレート34は軸40上に取着されており、制御ユニット26の指令に応じて図示しない機構を介して軸40を回動してイメージセンサ36を図1においてy軸方向に揺動できる様に構成する。また図1に示すロボット1は足部を介してロボットに伝達されるx, y, z方向の力成分とその方向回りのモーメント成分とを検出する6軸力センサ4

4、各関節の角度を検出するエンコーダ46及び路面に対する胴体部24の傾斜角(速)度を検出する傾斜角センサ(図示せず)などを備えており、制御ユニット26はそれらの出力を受けてロボットの姿勢に関する情報を得ると共にイメージセンサ22から視覚情報を得て目標関節角(速)度をリアルタイムに算出し、各関節を目標値に制御して歩行させる。

【0010】この発明の要旨は内界、外界情報を得て自律的に歩行する移動ロボットにおいて階段などの突起物を認識することにあるので、以下その点に焦点をおいて説明する。尚、この発明において階段は図3に示す如きものを予定する。階段50は3段からなり、その高さをロボット1が直立した場合のイメージセンサ36の位置よりかなり低く設定しておいてロボット1がその付近に接近したときに見下ろすことが可能に、即ち各段の上面50aがその下の段でロボット1のイメージセンサ36の視界から隠されることがない様に設定すると共に、その上面50aは白色に塗装して背景に対して十分大きな明度を与えておく。また上面50aの縁部には幅の狭い黒色テープ52で縁取りしておく。尚、壁面50bは地のままとする。

【0011】図4はその階段認識手法を示す全体PAD(Problem Analysis Diagram)図(構造化フロー・チャート)であり、前記した画像処理ユニット38の動作を示すものである。同図においては先ずS1において白領域の抽出を行う。図5はそのサブチャートである。

【0012】図5を参照して説明すると、先ずS10において2値化処理を行う。即ち、図6に示される様な原画像に対して階段50の各段の上面50aと背景とを分離する様にしきい値を決定し、2値化を行って図7に示す如き画像を得る。しきい値の決定は適宜な手法で行う。次いでS12で図2に示した画像メモリにおいてスキャンライン毎に白線部の最長部とその開始点・終了点を求める。求めた白線部を表示すると図8に示す様な四辺形が得られる。続いてS14で求めた白線部がつながっているか否か調べ、つながっている部分の初めの行と終わりの行を記憶し、その面積を求める。次いでS16で、今求めた白色部分をソートして面積が大きい順に並べ替える。これは図3に示す様に階段50を視たとき下の段は上の段に比べて面積が大きくなる筈であるため、それを利用して後で述べる三角測量での対応づけに備えるためである。続いてS18で所定の面積未満の部分は削除してノイズA, B(図8に示す)を抹消する。続いてS20で残った白色部の上下端を求める。

【0013】図4のPAD図に戻ると、続いてS2で四辺形の種類を判別し、S3でその端点を抽出する。尚、ここで「端点」は、四辺形の角部の位置を意味するものとして使用する。

【0014】図9はそのサブチャートであり、先ずS100で消失部分を探索する。即ち、イメージセンサ36

を脚式のロボットに装着したことから、ロボットの姿勢によっては図10に示す様に傾いて写る場合があり、そのときは図11に示す如く各段が干渉することがあるため、白領域部分の始まりの行の白線部に接している上の行の部分に白い部分がないかどうか調べ、あれば図12に示す様にその部分を下の白領域に追加する。更に、その上の行に下の白線部につながる白線部がないか否か調べ、存在すれば白領域に追加し、存在しなければ探索を打ち切ってその行を新たな白領域の始まりの行とする。また終わりの部分についても白領域の終わりの行の白線部に接している下の行の部分に白い部分がないかどうか調べ、あればその部分を上の白領域へと追加する。更に、その下の行に上の白線部につながる白線部がないかどうか調べ、存在すれば白領域に追加しつつ探索を続け、存在しなければ探索を打ち切ってその行を新たな白領域の終わりの行とする。

xの最大値のx y座標 : $\max x = (\max xx, \max xy)$
 xの最小値のx y座標 : $\min x = (\min xx, \min xy)$
 yの最大値のx y座標 : $\max y = (\max yx, \max yy)$
 yの最小値のx y座標 : $\min y = (\min yx, \min yy)$
 x + yの最大値のx y座標 : $\max x + y = (\max xpyx, \max xpyy)$
 x + yの最小値のx y座標 : $\min x + y = (\min xpyx, \min xpyy)$
 x - yの最大値のx y座標 : $\max x - y = (\max xmyx, \max xmyy)$
 x - yの最小値のx y座標 : $\min x - y = (\min xmyx, \min xmyy)$

上記を図13に示す。

【0016】上で求めた8つの特徴点から更に次の8つ

Top Right = $(\min yx - \max xmyx)^2 + (\min yy - \max xmyy)^2$
 Top Left = $(\min yx - \min xpyx)^2 + (\min yy - \min xpyy)^2$
 Bottom Right = $(\max yx - \max xpyx)^2 + (\max yy - \max xpyy)^2$
 Bottom Left = $(\max yx - \min xmyx)^2 + (\max yy - \min xmyy)^2$
 Max Up = $(\max xx - \max xmyx)^2 + (\max xy - \max xmyy)^2$
 Max Down = $(\max xx - \max xpyx)^2 + (\max xy - \max xpyy)^2$
 Min Up = $(\min xx - \min xpyx)^2 + (\min xy - \min xpyy)^2$
 Min Down = $(\min xx - \min xmyx)^2 + (\min xy - \min xmyy)^2$

上記においてmax, min, up, downはx軸に関して、top, bottom, left, rightはy軸に関して定義しているが、上で定義した8つの特徴量は、その前に定義したx, y, x + y, x - yの最大・最小値を与える位置座標間の距離を示している。これらは、それぞれ、画像上での方向ベクトルが4つの象限において(1, 0), (0, 1), (1, 1), (1, -1)の直線群と階段の各段の上面50aから求めた四辺形の接点となっている。この接点間の距離はいろいろな値をとるが、0に近い値、即ち2つの接点が非常に近いか同じ場合は、図14から図23の様に、その一致する接点における2辺の方向がある角度内に収まることを示している。画像の縦横比が1対1の場合、その2辺のなす角度は135度未満となる。図14から図23で、2つの直線が交わる点において四辺形の接している側に描かれた円弧は、各特徴量、例えば図14の場合はTop Rightが0の値をとるときに2つ

【0015】続いてS102に進み、白線部の開始点・終了点からxの最大・最小値などが得られる点を求め、S104で求めた点の間の距離を計算し、S106でその距離から各点の相互関係を求める。即ち、それまでの作業で登録された2次的に連続した白領域について、その領域の始まりと終わりの行と、白領域の乗っている各行の白線の始まりと終わりとを使用して以下に示す値を計算する。尚、図2の画面において一番上の線上で右方向が+の直線をx軸とし、画面の左端の上から下方向へと延びる直線をy軸とする。この様にx, y軸を決めたとき、1つの白領域に含まれる各白線の始まりと終わり、及び白線部の始まりと終わりの行のx, y座標に関してx, y, x + y, x - yの最大・最小を与える座標を求める。ここで求めたx, y, x + y, x - yの最大・最小値を与える位置・座標を次の様におく。

の特徴量を算出する。

の辺が存在する範囲を示している。この関係から図14から図23の場合を組み合わせることで、2辺のなす角度がより狭い場合も見つけることができる。例えば、Top Right = 0かつTop Left = 0の図22の場合、2辺の存在する範囲は接点の下側の90度以内となる。後述の如く、さらに狭い角度を探索する場合は、8つの特徴量だけでなく、新たな組み合わせをx, y, x + y, x - yの最大・最小値を与える位置座標から選び出せば良い。

【0017】続いてS108において各点の相互関係から四辺形が台形であるかひし形であるかなどを判別する。具体的に説明すると、図1に示すロボット1が階段50を見下ろした場合に、得られた四辺形は以下の様なルールで分類することができるので、それに従って判別する。尚、この作業は、後述する端点の抽出などのために、求めた四辺形がどのような形であるのか特定しておいてその作業を容易にするものである。

(a) 台形 (図24)

Min Down < δ かつ Max Down < δ かつ (Bottom Left < δ または Bottom Right < δ)、または $|\min x_{pyy} - \max x_{myy}| < \varepsilon$ かつ $|\min x_{myy} - \max x_{pyy}| < \varepsilon$ ならば台形。尚、 δ 、 ε は正の比較的小さい整数とする。

(b) 左下右上鋭角四辺形 (図25)

上の (a) の条件を満たさず、Max Up < δ かつ Top Right < δ かつ Min Down < δ かつ Bottom Left < δ ならば、左下右上鋭角四辺形。

(c) 左上右下鋭角 (図26)

(a) (b) の条件を満たさず、Min Up < δ かつ Top Left < δ かつ Bottom Right < δ かつ Max Down < δ ならば、左上右下鋭角四辺形。

(d) 右鋭角 (図27) または左鋭角 (図28)

(a) (b) (c) の条件を満たさず、Min Up < δ かつ Min Down < δ 、または Max Up < δ かつ Max Down < δ ならば、右鋭角四辺形または左鋭角四辺形。

(e) その他

(a) (b) (c) (d) の条件を満たさない場合、右傾斜四辺形または左傾斜四辺形。

【0018】続いてS110で四辺形の端点を抽出する。ここで端点の位置に対して図29の様に座標を決めるとすると、判別した四辺形の種類に対して各端点の位置は次の様に決定することができる。

(a) 台形 (図24) の場合

(trx, try) = (max xmyx, max xmyy)
(tlx, tly) = (min xpyx, min xpyy)
(brx, bry) = (max xpyx, max xpyy)
(blx, bly) = (min xmyx, min xmyy)

(b) 左下右上鋭角 (図25) の場合

(trx, try) = (max xmyx, max xmyy)
(tlx, tly) = (min xpyx, min xpyy)
(brx, bry) = (max xpyx, max xpyy)
(blx, bly) = (min xmyx, min xmyy)

(c) 左上右下鋭角 (図26) の場合

(trx, try) = (max xmyx, max xmyy)
(tlx, tly) = (min xpyx, min xpyy)
(brx, bry) = (max xpyx, max xpyy)
(blx, bly) = (min xmyx, min xmyy)

(d) 右鋭角 (図27) または左鋭角 (図28) の場合
先ず右上がりか左上がりかのチェックを行う。即ち、ある白領域の始まりの行番号をStとし、行iの白線の始まりをMin[i]、終わりをMax[i]とすると、
Max[St + α] - Max[St] < Min[St] - Min[St + α]

が成り立てば右上がり、そうでなければ左上がりとなる (尚、 α は適宜設定する正の整数)。

右上がりならば

(trx, try) = (min yx, min yy)
(tlx, tly) = (min xx, min xy)

(brx, bry) = (max xx, max yy)

(blx, bly) = (max yx, max yy)

左上がりならば

(trx, try) = (max xx, max xy)

(tlx, tly) = (min yx, min yy)

(brx, bry) = (max yx, max yy)

(blx, bly) = (min xx, min xy)

(e) その他 (右傾斜 (図30)、左傾斜 (図31))

同様のチェックを行った後、右上がりならば

(trx, try) = (min yx, min yy)

(tlx, tly) = (min xx, min xy)

(brx, bry) = (max xx, max xy)

(blx, bly) = (max yx, max yy)

であるが、

Min Down < δ または Bottom Left < δ

または Top Right < δ かつ Bottom Left < δ かつ Max Down < δ ならば

(tlx, tly) = (min xpyx, min xpyy)

とする。また始まりの行の白線部の長さがある程度の長さ (例えば10ドット) 以上ある場合は

(trx, try) = (max xmyx, max xmyy)

(tlx, tly) = (min xpyx, min xpyy)

とし、終わりの行の白線部の長さがある程度の長さ (例えば10ドット) 以上ある場合は

(brx, bry) = (max xpyx, max xpyy)

(blx, bly) = (min xmyx, min xmyy)

とする。

左下がりの場合

(trx, try) = (max xx, max xy)

(tlx, tly) = (min yx, min yy)

(brx, bry) = (max yx, max yy)

(blx, bly) = (min xx, min xy)

であるが、

Max Down < δ または Bottom Right < δ

または Top Left < δ かつ Bottom Right < δ かつ Min Down < δ ならば

(trx, try) = (max xmyx, max xmyy)

とする。また始まりの行の白線部の長さがある程度の長さ (例えば10ドット) 以上ある場合は

(trx, try) = (max xmyx, max xmyy)

(tlx, tly) = (min xpyx, min xpyy)

とし、終わりの行の白線部の長さがある程度の長さ (例えば10ドット) 以上ある場合は

(brx, bry) = (max xpyx, max xpyy)

(blx, bly) = (min xmyx, min xmyy)

とする。

【0019】再び図4の全体PAD図に戻ると、続いてS4で得られた四辺形について各段の平行度をチェックする。即ち、各段の図形のmax x(min x) を連続させて得られる下線(上線)を比較して相互に所定値以上平行

であるか否か判断する。各段は本来的には平行であるので、平行ではない段はデータから削除する。これによってノイズが混入して得た図形が不適当なものか否か判断することができる。

【0020】以上の処理を2個のイメージセンサ36が出力する図形についてそれぞれ行って図32に示す様な左右の図形を得た後、S5で左右で対応する四辺形を決定する。即ち、先ず左右のすべての四辺形について先に求めた端点の重心位置を求め、その重心のY座標でソート（並べ替え）する。次いで、ソートした順番に左右の各四辺形を対応づける。その際、対応すると思われる四辺形の重心のY座標が所定の値以下に接近している様を選ぶ。尚、対応する四辺形が存在しないときはノイズなどで得られなかったものと見做し、その四辺形を後で述べる立体視の三角測量で使用しない（前回検出した図形を使用しても良い）。

【0021】続いてS6に進んで対応すると判断された左右の四辺形の4つの端点のY座標をそれぞれ比較し、その距離が所定の値未満の範囲にあるか否か判断し、肯定された組の端点に対して三角測量を行う。尚、距離が所定の値以上に離れたものは誤測定防止のために対応した端点と見做さず、測量で使用しない。また各端点には図32に示す様に、左手前側から反時計回りに番号を付しておき、対応づけを容易にする。図33に三角測量法を示す。この手法自体は公知なものであって、三角形の相似を使用して目標点（端点）Lのx、y座標を求める。カメラ間距離2d、焦点距離fを既知として視差Xl、Xrを得、それから目標座標を

$$(x, y) = (d(Xl + Xr) / (Xl - Xr), 2fd / (Xl - Xr))$$

で求めることができる。尚、この式は左右のレンズの光軸が平行な場合に限られ、通例は輻輳などから適宜な補正が必要となるが、三角測量自体はこの発明の要旨とするところではないので、詳細な説明は省略する。

【0022】続いてS7に進んで得られた位置座標を所望の位置座標に変換して終わる。

【0023】この実施例は上記の如く構成したので、階段を速やかに認識してその位置座標を得ることができる。その際に階段の特性を利用して立体視の左右画像の対応点を求める様にしたので、簡易で専用のハードウェアも必要としない手法でありながら、容易かつ迅速に階段の位置情報を得ることができる。ロボットは階段を視野に入れさえすれば、階段の正確な3次元位置情報を随時算出することができ、予め作られた地図情報などの正確な位置情報を必要としない。この性質より、工場、事務所などでロボットに階段を含む移動経路をおおまかに指示するのみで、その階段を発見し昇降することが可能となる。尚、ロボットの移動環境をこの様に工場、事務所などに限定するとき、階段の上面の明度を背景より大きくしておくことはさして面倒なことではない。尚、塗装に代えて照明を用いても良い。

【0024】また上記した実施例においてはTop Rightなど8つの特徴量を用いたが、更に特徴量を増加させることによって5辺形以上の形状を識別することも可能である。その意味で、階段を例にとったが、それに限られるものではなく、多面体のすべてに応用可能なものである。

【0025】また図4のS4で述べて平行度チェックに関しても、三角測量によって算出された各四辺形の端点を含む面を考え、その面が床面と平行でなければ登録から削除する様にしても良い。また平行な四辺形が複数あった場合には、それらの四辺形が階段の段であると見做し、ロボット1に傾斜センサを装着することなく、各四辺形の作る面の方向を元にロボット1の傾斜度を算出しても良い。

【0026】更には、実施例として2足歩行の脚式移動ロボットを例にとって説明したが、この発明は車輪型、クローラ型などのロボットにも妥当すると共に、更にはロボットではない無人走行車などにも応用可能なものである。

【0027】

【発明の効果】請求項1項は、1つまたは複数の視覚センサを有し、それから得られる情報を参考にして移動制御を行い移動する移動体における略水平面を有する多面体の認識方法において、前記視覚センサから得られる画像に対して所定の2値化処理を施すことにより、前記多面体の略水平面を示す画素が、前記略水平面を区分する境界領域内及び背景内の画素とは異なる出力値を持つような外界についての2値画像を得、前記略水平面について、前記得た2値画像における面積を求め、及び前記求めた略水平面の面積に基づいて前記多面体を認識することからなる如く構成したので、簡易な構成であって専用のハードウェアなどを必要とせず多面体を認識することができる。

【0028】請求項2項は、1つまたは複数の視覚センサを有し、それから得られる情報を参考にして移動制御を行い移動する移動体における略水平面を有する多面体の認識方法において、前記視覚センサから得られる画像に対して所定の2値化処理を施すことにより、前記多面体の略水平面を示す画素が、前記略水平面を区分する境界領域内及び背景内の画素とは異なる出力値を持つような外界についての2値画像を得、前記得た2値画像について座標軸においてx方向とy方向とから走査し、前記得た2値画像における前記略水平面の位置的な特徴を示す特徴点を複数個求め、前記求めた特徴点に基づき、前記得た2値画像における前記略水平面の形状を求め、前記求めた略水平面の特徴点及び形状から前記略水平面の所定の部位を複数個求め、及び前記求めた所定の部位から前記多面体の3次元位置を算出することからなる如く構成したので、簡易な構成であって専用のハードウェアなどを必要とせず、多面体を視野に入れさえすれば、多

面体の3次元位置座標を随時算出することができ、予め作られた地図情報などの正確な位置情報を必要としない。これによって工場、事務所などで移動体に階段などの多面体を含む移動経路を大まかに指示するのみで、その多面体（階段）を発見し昇降することが可能となる。

【0029】請求項3項は、前記略水平面ごとに対応点を決定して前記3次元位置を算出する如く構成したので、一層構成を簡易にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る移動体の階段などの認識方法で予定する移動体たる2足歩行ロボットとその制御装置を全体的に示す概略図である。

【図2】図1に示すイメージセンサの画像メモリの説明図である。

【図3】この発明に係る方法が予定する階段を示す説明図斜視図である。

【図4】図1に示す画像処理ユニットが行うこの発明に係る方法を示すフロー・チャート（全体PAD図）である。

【図5】図4のPAD図のサブチャートで白領域の抽出作業を示すサブPAD図である。

【図6】図5PAD図の白領域の抽出作業を示す説明図の一部で原画像を示す説明図である。

【図7】同様にその2値化画像を示す説明図である。

【図8】同様に亅ごとの最長白線の抽出作業を示す説明図である。

【図9】図4のPAD図のサブチャートで四辺形の種類判別と端点抽出作業を示すサブPAD図である。

【図10】図9PAD図の中の四辺形の種類判別の中の消失部分の探索作業を示す説明図の一部で傾いて写っている場合を示す説明図である。

【図11】同様に各段の干渉を示す説明図である。

【図12】同様に欠落部分の追加作業を示す説明図である。

【図13】図9PAD図の種類判別作業の中の4端点の探索作業を示す説明図である。

【図14】同様に種類判別作業で使用する特徴量のうちのTop Right が零の場合を示す説明図である。

【図15】同様にTop Leftが零の場合を示す説明図である。

【図16】同様にBottom Rightが零の場合を示す説明図である。

【図17】同様にBottom Left が零の場合を示す説明図である。

【図18】同様にMax Upが零の場合を示す説明図である。

【図19】同様にMax Downが零の場合を示す説明図である。

【図20】同様にMin Upが零の場合を示す説明図である。

【図21】同様にMin Downが零の場合を示す説明図である。

【図22】同様にTop Right とTop Leftが共に零の場合を示す説明図である。

【図23】同様にTop LeftとMin Upが共に零の場合を示す説明図である。

【図24】同様に台形を示す説明図である。

【図25】同様に左下右上鋭角を示す説明図である。

【図26】同様に左上右下鋭角を示す説明図である。

【図27】同様に右鋭角を示す説明図である。

【図28】同様に左鋭角を示す説明図である。

【図29】図9PAD図の端点抽出作業で使用する端点の位置座標を示す説明図である。

【図30】図14と同様に、図9PAD図の種類判別作業で使用する特徴量のうちの右傾斜の場合を示す説明図である。

【図31】同様に左傾斜の場合を示す説明図である。

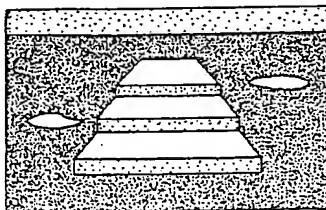
【図32】図4PAD図の四辺形の対応づけ作業を示す説明図である。

【図33】図4PAD図の三角測量を示す説明図である。

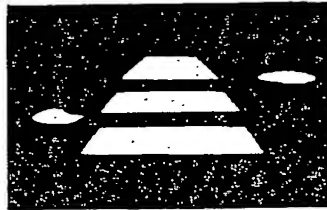
【符号の説明】

- 1 脚式移動ロボット（移動体）
- 24 胴体部
- 26 制御ユニット
- 34 プレート
- 36 イメージセンサ
- 38 画像処理ユニット
- 50 階段
- 50a 階段の上面

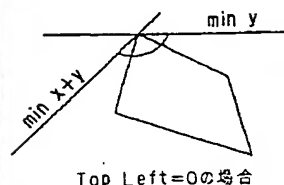
【図6】



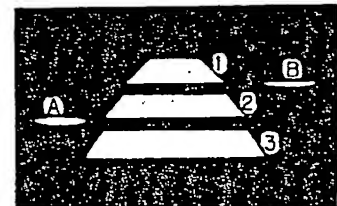
【図7】



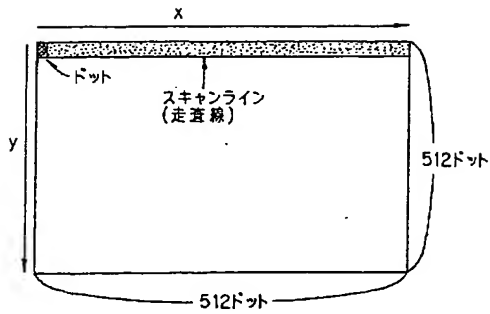
【図15】



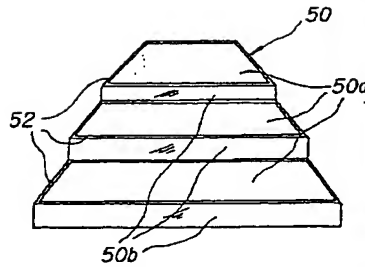
【図8】



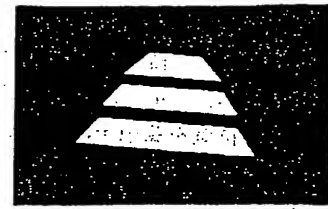
【図2】



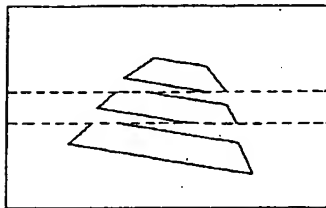
【図3】



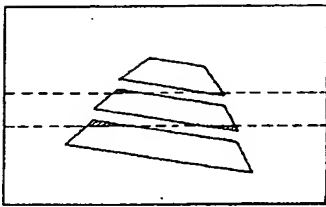
【図10】



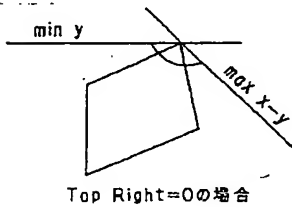
【図11】



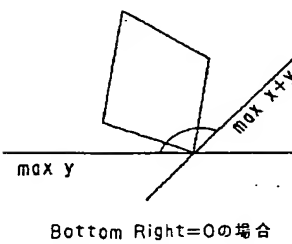
【図12】



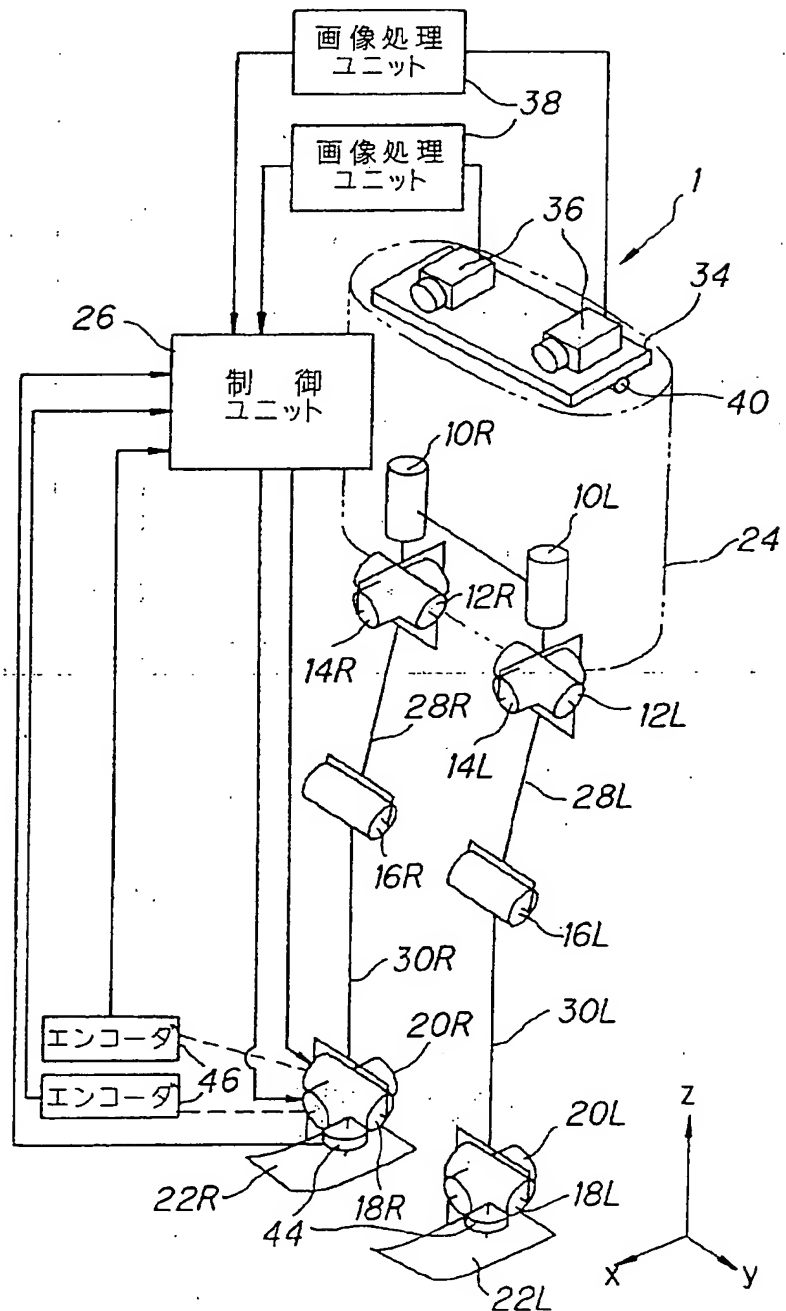
【図14】



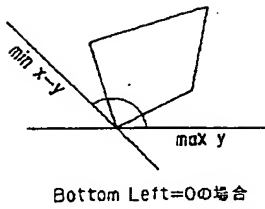
【図16】



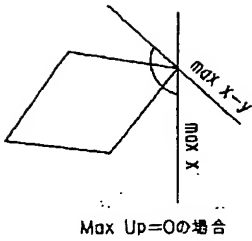
【図1】



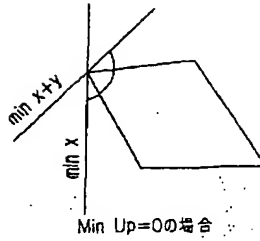
【図17】



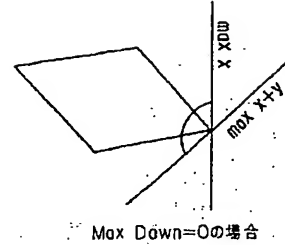
【図18】



【図20】

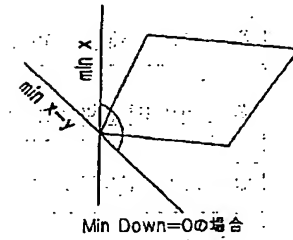


【図19】

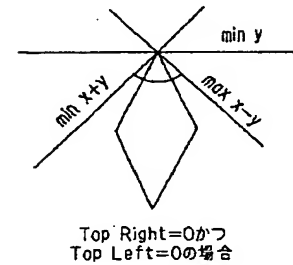


【図4】

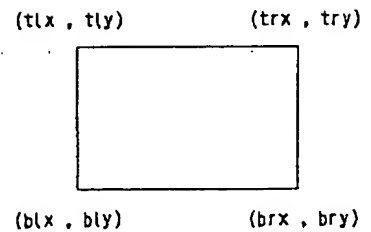
【図21】



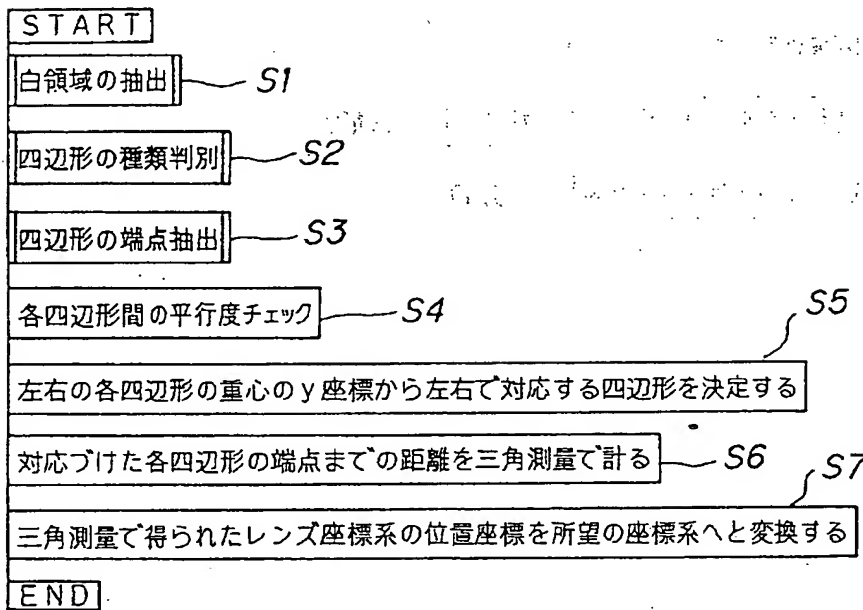
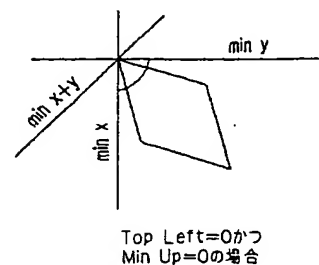
【図22】



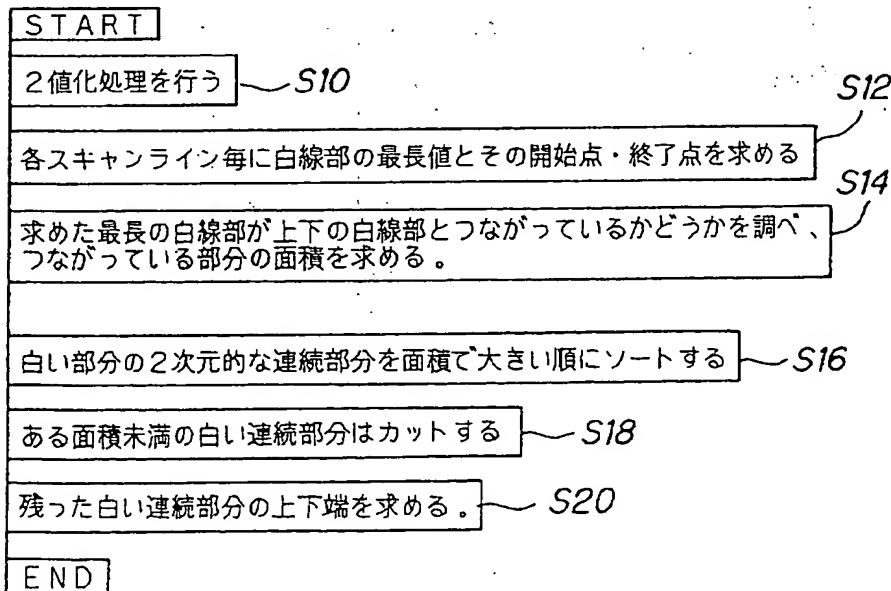
【図29】



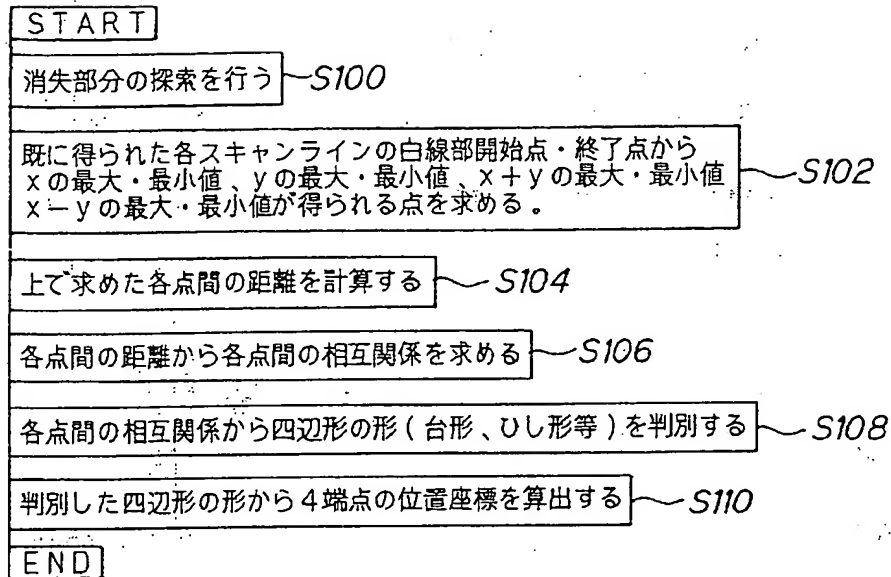
【図23】



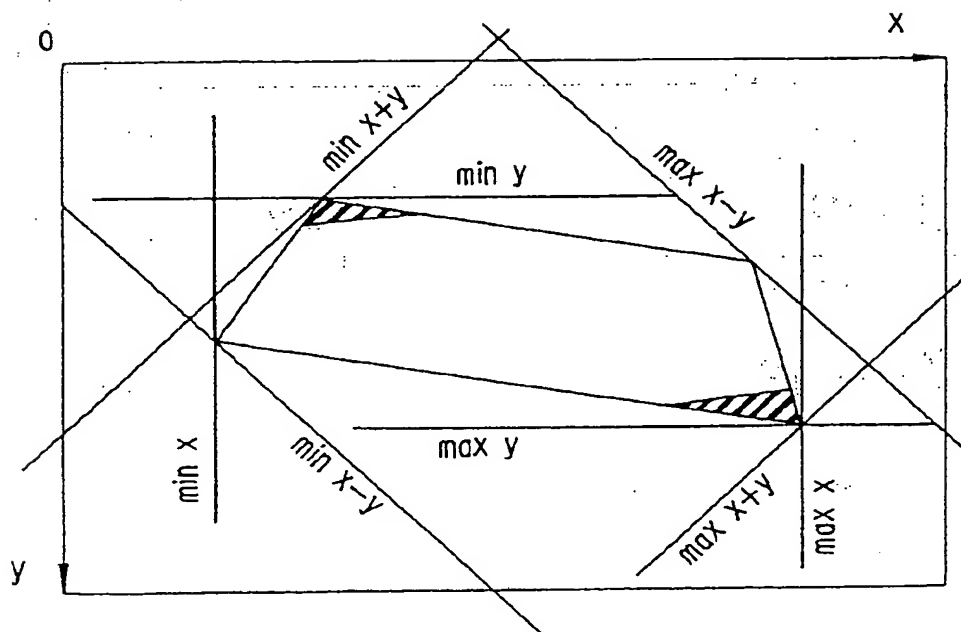
【図5】



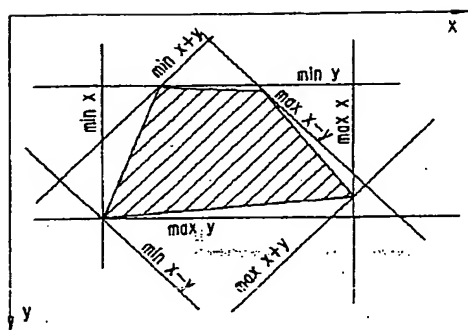
【図9】



【図13】

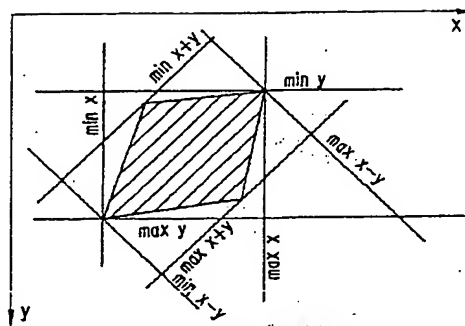


【図 2 4】



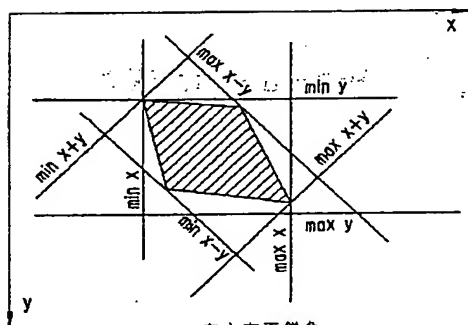
台形

【図 2 5】



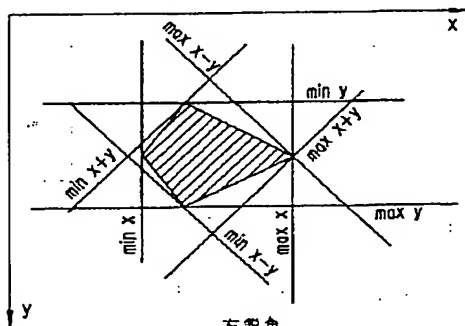
左下右上鋭角

【図 2 6】



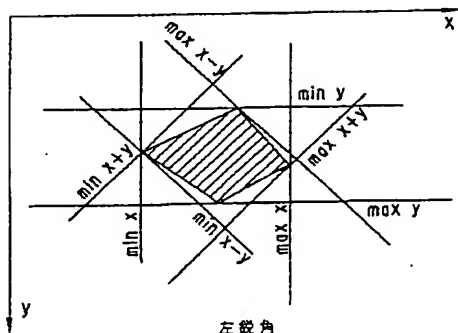
左上右下鋭角

【図 2 7】



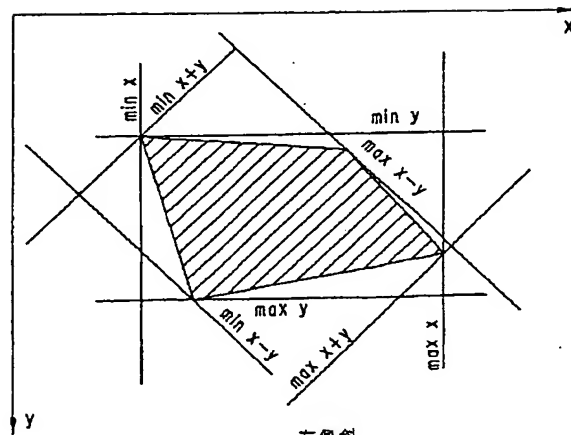
右鋭角

【図 2 8】



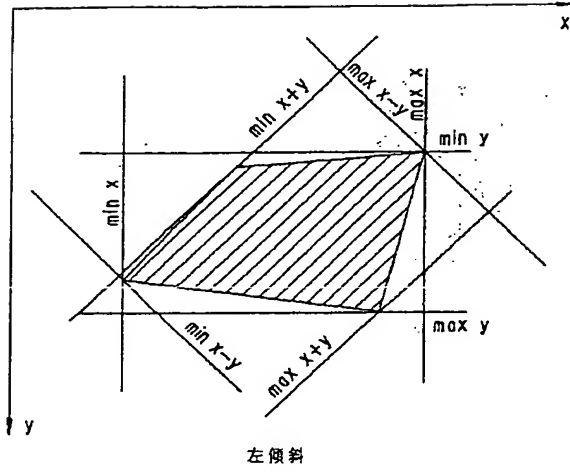
左鋭角

【図 3 0】

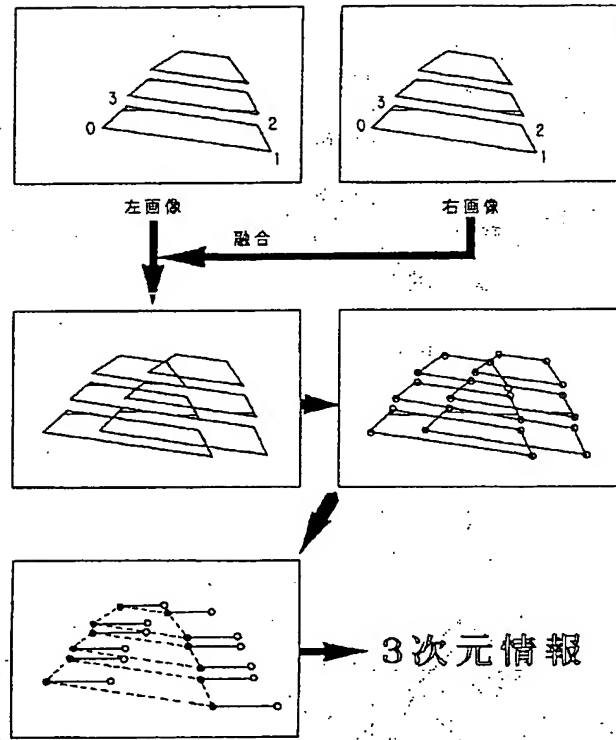


右傾斜

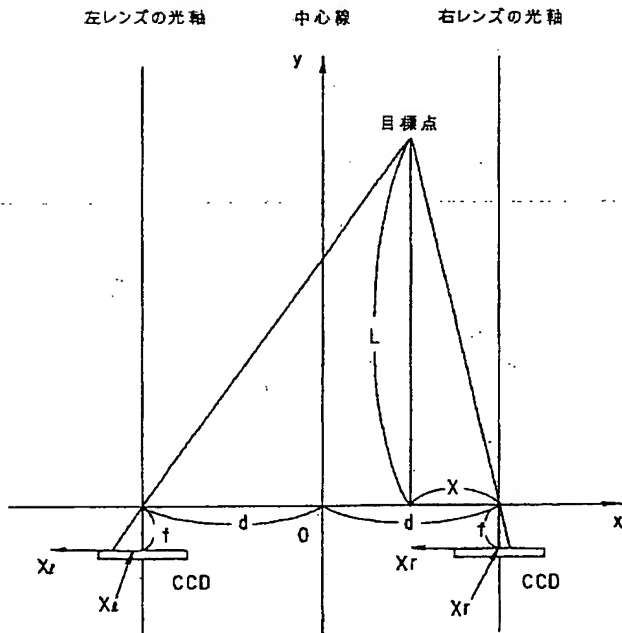
【図31】



【図32】



【図33】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

G 0 6 T 7/00

G 0 5 D 1/02

K

// G 0 5 D 1/02

G 0 6 F 15/62

4 1 5

15/70

4 6 0 E